基于CATIA软件的道路三维建模方法

张 波

(中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司,贵阳 550081)

【摘 要】CATIA作为一款功能强大的三维协同设计软件在水利水电工程领域已得到广泛应用。进场道路、场内施工道路的设计是水利水电工程三维协同设计的重要组成部分,本文根据某水电站工程进场道路的建模,介绍了一种以二维平面设计成果为基础,应用CATIA软件建立道路三维模型的方法

【关键词】CATIA;道路;三维模型;水利水电工程;参数化
【中图分类号】U41 【文献标识码】A 【文章编号】1674-7461(2016)01-0071-04
【DOI】10.16670/j.cnki.cn11-5823/tu.2016.01.12

1 引言

水利水电工程具有投资规模大、设计建设周期长、参与设计专业众多、系统构造复杂等特点。为提高设计效率和水平、增加企业核心竞争力,水利水电设计行业正逐步完成从传统的二维平面设计到多专业三维协同设计的转变。水利水电工程建设中,进场公路、施工道路、营地公路串联整个工程建设区,对于一个完整的水利水电项目三维设计,道路的三维建模必不可少。相比传统的平面设计仅依靠平、纵、横二维数据来表达道路的三维空间结构和位置,道路三维设计精度更高,设计成果更加直观可视。

目前,国内外已有多款软件具备道路三维建模功能,如德国IB&T软件公司的CARD/1、美国Autodesk公司的AutoCAD Civil 3D、法国达索公司的CATIA、西安经天交通工程技术研究所的纬地道路设计软件、南京狄诺尼科技有限责任公司的EICAD、鸿业科技的鸿业Roadleader软件等。CARD/1、纬地、EICAD、鸿业设计软件可实现道路三维模型的建立及图纸、表格资料的输出,其利用道路几何设计的基础数据和地形数据,可快速准确的构建地面、道路、桥隧等构造物的三维实体模型。这几种专业的道路设计软件结合规范紧密,具有参数化、模板功能,在单一的道路三维建模方面具有优势,但这些软件的参数化关联设计及地形曲面处理功能有限[1],也无法满足水利水电等大型复杂工程的多专业协同设计的要求。AutoCAD Civil 3D是一款专业的三维设计软件,可完成道路工程、排水管网系统以及场地规划等设计,它的道路建模功能可以将水平和垂直几何图形与定制的横截面组件相结合,为公路和其它交通运输系统创建参数化定义的动态三维模型。但其在建筑模型、机电装配等设计中需结合其他软件,在水利水电工程施工总布置三维设计中存在不足[2]。

CATIA是法国达索公司开发的大型高端CAD/CAE/CAM一体化设计软件,其能将地质、工程枢纽、施工布置、场内交通、金属结构及机电装配等专业结合在一起进行水利水电工程三维设计,利用其协同设计平台VPM可将零散的各自设计转变成集中在线设计,并实现设计模型、结构、骨架、参数、关联信息的有效管理[3]。CATIA具有强大的参数化设计功能及完备的知识工程功能,可建立道路横断面、附属结构的通用模板库,实现知识重用及模型的关联更新。由于CATIA软件在水利水电工程多专业协同设计及道路三维建模方面有诸多优势,其已广泛应用于水利水电工程项目的总体设计中。本文根据国内某水电项目三维协同设计中进场道路的建模,介绍了一种以二维道路专业软件设计成果为基础,应用CATIA软件建立道路三维模型的方

【作者简介】 张波(1985-),男,工程师,硕士。主要研究方向:公路、桥梁设计。

法和流程。

2 CATIA 道路三维模型设计流程

(1)收集道路设计基础资料,如地形、地质资料。收集道路二维平面设计成果,如道路平面线、纵断面线、逐桩坐标表、路基标准横断面等;

(2)根据地形资料建立地形三维实体模型;

(3)在 CATIA 地形三维模型中根据二维平面设计成果建立道路中心线,该中心线为一空间曲线;

(4)建立路基横断面三维参数化模板,模板中路基宽度、边坡坡度、坡高、马道等均采用参数化设置,以方便调用和修改;

(5)在 CATIA 创成式外形设计界面下利用路基横断面模板沿道路中心线建立整条路线的路基轮廓曲面模型;

(6)将道路的路基轮廓曲面模型与地形三维实体模型进行相交运算,生成道路的填方体与开挖体,以及经过道路开挖与回填后的地形三维实体模型;

(7)在道路开挖、回填后的地形三维实体模型上,建立边沟、护栏等道路附属结构的三维模型,得到完整的道路三维模型;

(8)利用 CATIA 软件工程量计算功能统计路基填方量、挖方量及各附属结构工程量,据此与二维设计软件计算所得道路工程量进行相互校核。

3 道路三维模型的建立

3.1 基本原则

建模时世界坐标系采用右手笛卡尔坐标系,XY 平面为水平面,Z 向为高程方向。建模单位统一为米。

3.2 地形三维模型的建立

在 CATIA 中建立地形模型可以利用自身的网格模型建立、编辑的功能实现,也可导入其他软件建立的地形模型文件[4],下面介绍几种常用的 CATIA 地形模型的建立方法。

(1)根据测绘部门提供的工程区地形图,将地形等高线生成的点云数据导入 CATIA 中,创建地形三维网格模型。

(2)利用地质软件 GOCAD 建立三维地质模型,将 GOCAD 软件生成的 TS 格式、STL 格式和 3DMAX 格式文件导入 CATIA 软件中生成地形模型。

(3)利用 GIS 软件如 ArcGIS 建立地形数字模型,将 ArcGIS 的三角网模型 tin 文件转换为 STL 文件并导入到 CATIA 中生成地形模型。

将 CATIA 生成的地形三维曲面模型与同范围大小的长方体三维实体模型做布尔运算,即可得到地形三维实体模型。地形体三维模型的建立将整个水利水电工程枢纽的三维模型精确定位,并为工程区的道路、坝体等建筑物的基础填筑及开挖做好准备,地形体将与各工程结构物一起构成完整的水利水电枢纽三维模型[5]。

3.3 路线的建立

道路是一条三维空间的带状实体,该实体表面的中心线为中线,道路中线的空间位置为路线。路线是一条空间曲线,CATIA 软件中路线的建立的方法主要有以下两种:

(1)空间点直接生成

根据二维道路设计软件成果即道路逐桩坐标表及路基设计表,得到从路线起点沿路线走向至路线终点的若干个三维点坐标(X、Y、Z),在 CATIA 软件中利用三维点坐标依次建立空间坐标点,或采用 Excel 表格文件从外部文件导入道路路线上各点的坐标序列得到空间坐标点,将空间坐标点用样条曲线从路线起点到终点顺次相连接即得到路线。这种方法建立路线操作简单,但路线较长时需要输入多个空间点,且利用样条曲线连接空间点模拟的路线精度不高。

(2)二维曲线导入合成

该方法将二维道路设计软件生成的道路平曲线及道路纵断面线导入 CATIA 中通过拉伸、展开、展开转移等命令生成路线。首先建立路线起点,并导入 dwg 或 dxf 格式的道路平曲线,沿坐标轴 Z 方向(道路高程方向)拉伸平曲线得到拉伸曲面并展开拉伸面。然后在展开的拉伸面上导入道路纵断面线,利用展开转移命令在拉伸曲面上得到一空间曲线,该曲线即为设计路线。这种方法建立路线操作过程较空间点直接生成法复杂,但路线由两条二维曲线即道路平曲线和纵断面线合成,路线走向与高程均与实际设计线路完全吻合,精度高。CATIA 中路线模型如图 1 所示。

3.4 标准横断面参数化模型

道路横断面是指道路中线上任意一点的法向切面,它由横断面设计线和地面线组成。路基横断

面的典型形式可归纳为路堤、路堑和半填半挖三种类型[6]，路基横断面形状主要有梯形（直线型）、折线型及带马道的台阶型三种。本次设计的道路标准横断面为台阶型，包括路基开挖及填筑横断面。道路中线上的任一点的路基横断面，路面以上部分为挖方断面，路面以下部分为填方断面。为方便路基横断面设计方案的检查与修改，将路基横断面轮廓进行参数化设置，包括路面宽度、路基填方坡度、路基开挖坡度、坡高、马道宽度等。道路标准横断面轮廓模型如图 2 所示。

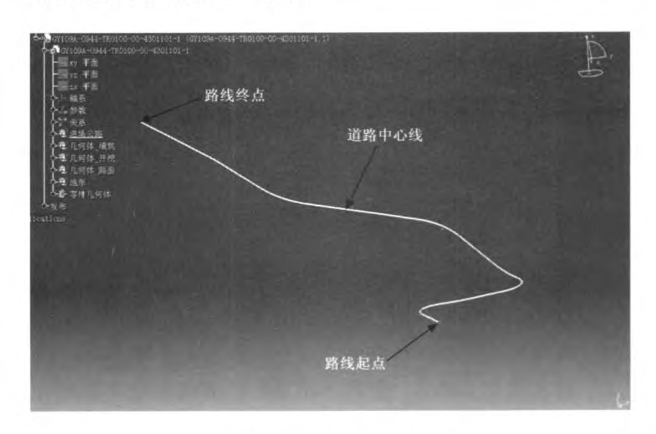


图 1　道路路线模型

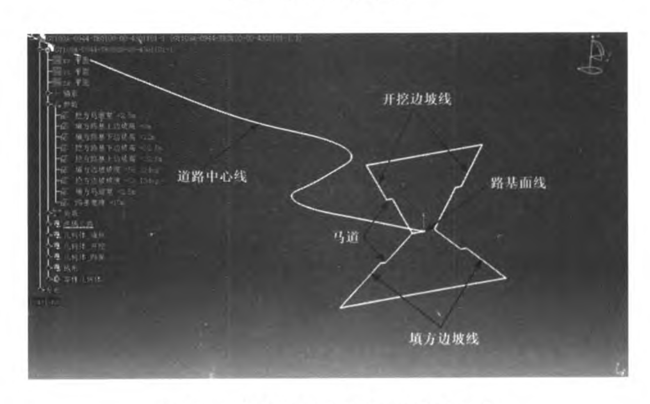


图 2　道路标准横断面轮廓模型

3.5　路基、路面三维模型的建立

CATIA 中建立路基三维实体模型主要通过布尔相交运算。即建立路基三维网格模式路基标准轮廓曲面（或路基标准三维实体），并与已建好的地形面（或地形体）模型做布尔相交运算，得到路基结构 CATIA 三维模型。下面简要阐述 CATIA 路基三维模型建立的步骤：

（1）在道路起点建立道路标准横断面轮廓模型并进行参数化设置。

（2）通过扫掠命令将路基标准横断面轮廓扩展到整个路线，得到全线路基标准轮廓曲面（不包含起终点端面轮廓面）。

（3）建立起、终点路基标准断面，并将其与不含起、终点端面的全线路基标准轮廓曲面接合得到一完整的、闭合的全路段路基标准轮廓曲面模型。

（4）通过镶嵌命令将填方路基标准轮廓曲面模型转化为实体模型。将该实体模型与地形面做布尔运算，地形面以上的路基三维体即为路基填方三维实体模型，如图 3 所示。将路基挖方标准轮廓曲面作为切割面对地形体进行切割，切割面以上的地形三维体即为道路开挖体，切割面以下的地形体即为道路开挖后的地形三维体，经开挖回填后的路基三维模型如图 4 所示。

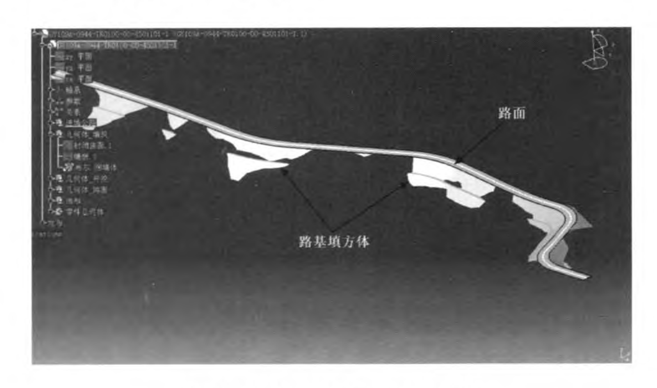


图 3　路基填方三维实体模型

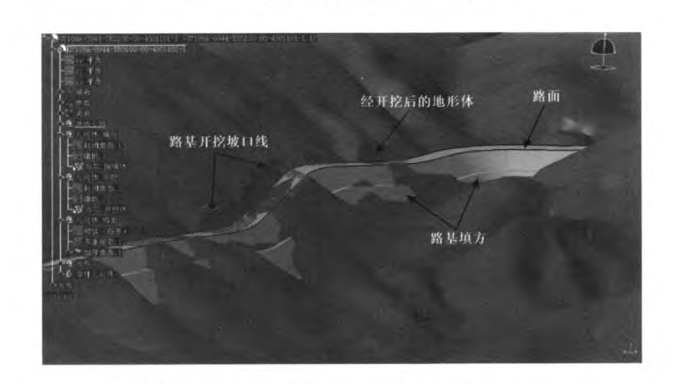


图 4　经开挖回填后的路基三维实体模型

利用多重提取命令提取路基标准轮廓面顶面并形成厚度与路面设计厚度一致的厚曲面，该厚曲面即为路面结构模型。

3.6　工程量统计

在道路三维设计过程中，将地形开挖体、道路填方体、边沟、护栏等三维实体设计模型分别放入相应的几何体中，再利用 CATIA 的体积测量工具可统计路基开挖量、填方量及各附属结构工程量。据此可与二维道路设计软件（如纬地、海地等）所计算的工程量进行相互校核。

4 结语

CATIA 软件具有强大的知识工程和参数化建模功能。水利水电工程领域中利用 CATIA 建立道路三维模型不仅可以完善整个工程枢纽的三维设计,而且可以更直观地了解进场公路、施工道路、营地公路等道路的走向以及沿线的路基状况。实践表明,通过本文所述方法可以在 CATIA 中快捷、精确的建立以二维平面设计成果为基础的道路三维仿真模型,该方法适用于水利水电、风电等所有基于 CATIA 软件的三维协同设计项目中道路模型的建立。在大型复杂工程项目总体设计中利用 CATIA 建立道路模型具有以下优势:

(1)可实现从建立地形模型、道路三维模型到生成二维设计图、工程量的整个设计过程;

(2)在同一平台能够实现多专业的在线协同设计,其模型实时更新,多专业数据共享,既可协同工作,又不互相牵连,可显著提高设计效率,缩短设计周期;

(3)在工程枢纽区布置道路时,可方便的检查路线与其他专业之间是否干涉、碰撞,显著降低出错率;

(4)得益于优秀的参数化设计功能及知识工程功能,在 CATIA 中可建立道路横断面、附属结构的参数化模板,可方便设计人员修改及其他工程调用;

(5)地形、道路平、纵、横与三维模型之间具有互相联结性,任意参数的修改均可实现模型的同步更新,可大大减少设计变更时模型的修改量;

(6)借助 VPM 平台可实现设计、校核与审查同平台完成。校核、审查人员通过网络对设计过程中的道路模型进行实时浏览可及时发现问题,减少设计人员修改工作量;

(7)强大的地形曲面处理功能,可建立精准的地形模型,使道路的开挖及回填工程量更精确。

同时,CATIA 软件在道路设计中也存在着一些不足,如该软件目前尚未开发道路工程设计模块,不能套用现有标准和规范进行设计,若直接在 CATIA 中进行道路三维建模,设计校核工作量较大,故需结合道路专业软件设计成果以快速建立符合规范要求的道路三维模型。当路线设计过长时,数据量的增加也会导致程序运行缓慢。我们期待 CATIA 的后续版本能够进一步拓展空间应用,为工程建设作出更大贡献。

参考文献

[1] 黄少华, 万军,王进丰. CATIA 软件在道路三维动态规划设计中的应用[J]. 人民长江, 2014, 45(14): 61-63.

[2] 缪正建, 王曙东. 基于 Civil 3D 的水利水电工程施工总布置三维设计[J]. 人民长江, 2015, 46(增刊 I): 137-138.

[3] 王进丰, 李小帅,傅尤杰. CATIA 软件在水电工程三维协同设计中的应用[J]. 人民长江, 2009, 40(4): 68-70.

[4] 王秋明, 胡瑞华. 基于 CATIA 的三维地质建模关键技术研究[J]. 人民长江, 2011, 42(22): 76-78.

[5] 刘超, 杨金强,李建荣. CATIA 在三维地质建模中的应用[J]. 现代矿业, 2012,(3): 40-41.

[6] 邓学钧. 路基路面工程(第二版)[M]. 北京:人民交通出版社, 2005.

Methods for Road 3D Modeling based on CATIA

Zhang Bo

(*POWERCHINA Guiyang Engineering Corporation Limited*, *Guiyang* 550081, *China*)

Abstract: As a powerful 3D collaborative design software, CATIA has been widely used in the field of water conservancy and hydropower engineering. The design of access road and construction road is an important part of the 3D collaborative design of water conservancy and hydropower engineering. According to the access road modeling of a Hydropower Station, this paper introduces a method of building 3D road model by using CATIA software, which is based on the results of two-dimensional design.

Key Words: CATIA; Road; 3D Model; Water Conservancy and Hydropower Engineering; Parameterize